

Simulasi Coverage Wireless Sensor Network dengan Sum of Weighted Cost Function Genetic Algorithm

Bina Rahayu S, Tri Budi, Prima Kristalina
Jurusan Telekomunikasi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya
Email: binachankawai@student.eepis-its.edu

Abstrak

Masalah *coverage* pada *wireless sensor network* (WSN) adalah untuk meletakkan sensor pada *service area* yang dapat mencakup seluruh *service area*. Masalah *coverage* dalam WSN sangat penting karena merepresentasikan *QoS* (*Quality of Service*) dari WSN tersebut.

Pada paper ini akan disajikan sebuah simulasi untuk merancang sebuah system dengan *coverage area* yang optimal dengan sebuah algoritma genetika yang dikombinasikan dengan *sum of weighted cost functions* untuk penentuan komposisi berbagai macam letak dan jenis sensor yang dapat mengkover area seluas-luasnya dan dengan biaya seminimal mungkin. Dengan *sum of weighted cost functions*, perbandingan kedua fungsi dapat diatur, sehingga didapatkan optimisasi pada kedua fungsi tersebut. Fungsi-fungsi dalam hal ini adalah fungsi *cost function* yang merepresentasikan biaya total WSN dan *fitness function* yang merepresentasikan *coverage sensor nodes*.

Kata kunci: WSN, *coverage area*, *genetic algorithm*, *multiple objective optimization*.

1. Pendahuluan

WSN atau *Wireless Sensor Network* saat ini tampak sebagai *platform* yang menjanjikan untuk monitoring area dengan sedikit campur tangan manusia. Kemajuan pada *microelectronic circuits* berdaya rendah, komunikasi *wireless* dan *operating system* membuat WSN menjadi *platform* yang dapat digunakan di banyak aplikasi.

Penyebaran WSN termasuk masalah dasar, yang dikenal sebagai *coverage*. Masalah *coverage* dipertimbangkan sebagai ukuran dari kualitas (*Quality of Service*) jaringan sensor. Sehingga dikembangkan algoritma untuk mendapatkan *coverage* yang lebih besar sehingga *QoS* dari WSN menjadi lebih baik.

Seperti yang dibahas oleh Sami J. Habib, yang memodelkan daerah peletakan sensor dibagi menjadi dua sub-masalah, yaitu pemetaan (*floorplan*) dan penempatan (*placement*). Serta menyelesaikan masalah *coverage* dengan menggunakan algoritma genetika [1]. Peneliti lainnya, seperti Azzedine Boukerche dan Xin Fei meneliti masalah *coverage* juga namun lebih menekankan pada *irregular sensing range* dari *wireless sensor* menggunakan metode IPM (*intersection point method*) untuk memperluas *disk sensing range* yang dapat mengatasi masalah *coverage* [2]. Sandeep Kour

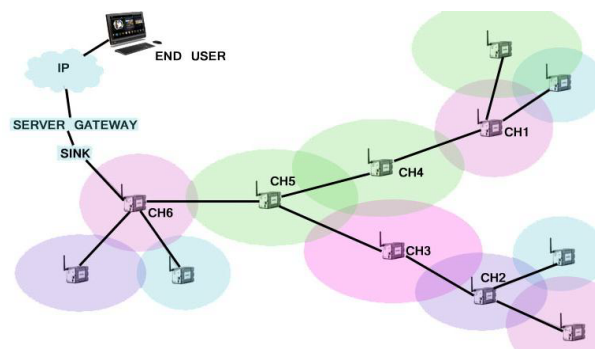
Ahuja dkk juga meneliti mengenai *coverage* khususnya masalah pemaksimalan *multi-modality coverage time* dan hubungan *node density* dengan probabilitas *coverage* [3]. Sedangkan Chi-Fu Huang dan Yu-Chee Tseng melakukan penelitian mengenai *coverage* yang bertujuan untuk menentukan apakah setiap titik dalam jangkauan layanan jaringan sensor dapat dicover oleh setidaknya sejumlah k sensor, di mana k ditentukan [4]. Dan beberapa peneliti lainnya meneliti mengenai penggunaan *genetic algorithm* dan MOO untuk mengatasi berbagai masalah kompleks [5][6].

Pada paper ini dilakukan sebuah pembahasan masalah *coverage area* melalui simulasi perangkat lunak. Luasan area yang berhasil di-cover oleh sejumlah sensor dengan jumlah dan jenis terbatas karena penekanan biaya seminimal mungkin dengan menggunakan *Genetic Algorithm*. Karena *cost function* untuk *coverage WSN* memiliki *Multiple Objective Optimization* (MOO) sehingga *cost function*-nya lebih rumit dan dibutuhkan lebih dari sekedar algoritma Genetika untuk menyelesaikannya. Maka untuk mensimulasikan proses peng-cover-an ini dibutuhkan algoritma *Sum of Weighted Cost Function*.

2. Gambaran Sistem

2.1. WSN (*Wireless sensor network*)

Wireless sensor network adalah penyebaran sensor-sensor yang terhubung dalam suatu jaringan.

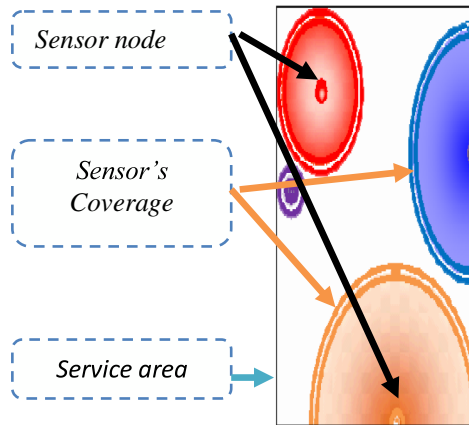


Gambar 1. Wireless Sensor Network

Komponen terpenting penyusun WSN adalah sensor yang bersifat *integrated wireless transceiver* dan didukung oleh teknologi MEMS (*Micro-Electro-Mechanical Systems*), dimana MEMS adalah integrasi dari elemen-elemen mekanikal, sensor, *actuator*, dan *electronics* dalam suatu *silicon substrate* dengan teknologi *microfabrication*.

Jaringan sensor nirkabel memiliki sistem seperti Gambar 1, dimana beberapa sensor *node* saling

berkomunikasi dengan *cluster head*(CH) terdekatnya yang akan membawa informasi dari tiap sensor *node* menuju SINK. SINK disini akan mengatur data yang akan dikirimkan kepada *end user* melewati jaringan internet.



Gambar 2. Sensor dan coverage

Pada Gambar 2 tampak beberapa sensor *node*, yaitu posisi sensor yang bagaikan sebuah titik dalam suatu daerah yang akan di-cover. Tiap sensor dengan panjang radius *coverage* tertentu, mempengaruhi jangkauan daerah deteksi *object*-nya dan disebut sebagai *coverage sensor*. *Coverage sensor* berbentuk lingkaran karena sensor mendeteksi sepanjang radius tertentu ke segala arah, dengan panjang radius sensor adalah besar jari-jari *coverage sensor*. Bila jumlah luas beberapa *coverage sensor* dijumlahkan, dapat disebut sebagai *coverage area*. Lalu *service area* adalah daerah yang ditentukan untuk di-cover oleh sensor, pada Gambar 1, *service area* diinisialisasi sebagai sebuah persegi.

2.2. Algoritma genetika

Algoritma Genetika atau *Genetic Algorithm* (GA) merupakan algoritma pencarian *heuristic* yang didasarkan atas mekanisme evolusi biologis, artinya pencarian solusi suatu masalah dengan algoritma genetika akan terus berevolusi. Inti dari algoritma genetika adalah secara bertahap mencari solusi terbaik (*survival of the fittest*) dari begitu banyak solusi yang ada. Pertama-tama algoritma genetika bekerja dengan membuat beberapa solusi secara acak, tentu saja dari tahapan pertama ini solusinya kemungkinan masih buruk. Solusi tersebut akan mengalami proses evolusi secara terus menerus, dan akan menghasilkan suatu solusi yang lebih baik. Setiap solusi yang terbentuk mewakili satu individu dan satu individu terdiri dari satu kromosom. Kumpulan dari individu-individu ini akan membentuk suatu populasi, dari populasi ini akan lahir populasi-populasi baru sampai dengan sejumlah generasi yang ditentukan.

Proses standar dalam Algoritma Genetika adalah dimulai dengan inisialisasi *cost function*, *fitness function*, variabel-variabel dan parameter dari GA.

Pembuatan populasi awal dari n buah kromosom membentuk suatu individu. Penghitungan *fitness function* dari generasi pertama. Langkah pengulangan proses regenerasi sebagai berikut:

- Seleksi: memilih kromosom terjelek.
- *Cross Over* atau Mutasi
- Memasukkan kromosom-kromosom hasil proses kedalam individu baru.

Evaluasi dilakukan apakah proses akan diulang atau berhenti karena sudah mencapai kondisi optimum atau kembali ke langkah kedua.

Pada *Multiple Objectives Optimization* terdapat dua fungsi, maka diperlukan metode lagi yaitu *Sum of Weighted Function*.

2.3. MOO (Multiple Objective Optimizations)

Optimasi adalah proses mengatur input-input dari suatu *device*, proses matematik, atau eksperimen untuk menghasilkan suatu output yang maksimal. Output yang akan dioptimasi bisa hanya satu output atau lebih. Bila output yang dioptimasi lebih dari satu seperti sistem yang dibuat, dimana outputnya adalah biaya dan *coverage* total maka optimasi ini disebut sebagai MOO (*Multiple Objective Optimizations*). Optimasi dari sistem ini bertujuan untuk mendapatkan *coverage* dari penyebaran sensor seluas-luasnya, namun dengan biaya seminimal mungkin menggunakan *sum of weighted cost function*.

Sum of weighted cost function adalah metode untuk mencapai *Multiple Objectives Optimization* dengan mengalikan tiap fungsi dengan suatu pembobot dan menjumlahkannya [7]. Rumus matematisnya adalah sebagai berikut :

$$Cost = \sum_{n=1}^N w_n f_n \quad (1)$$

dimana :

f_n adalah fungsi biaya n dan $0 \leq f_n \leq 1$

W_n adalah weighted factor dan $\sum_{n=1}^N W_n = 1$

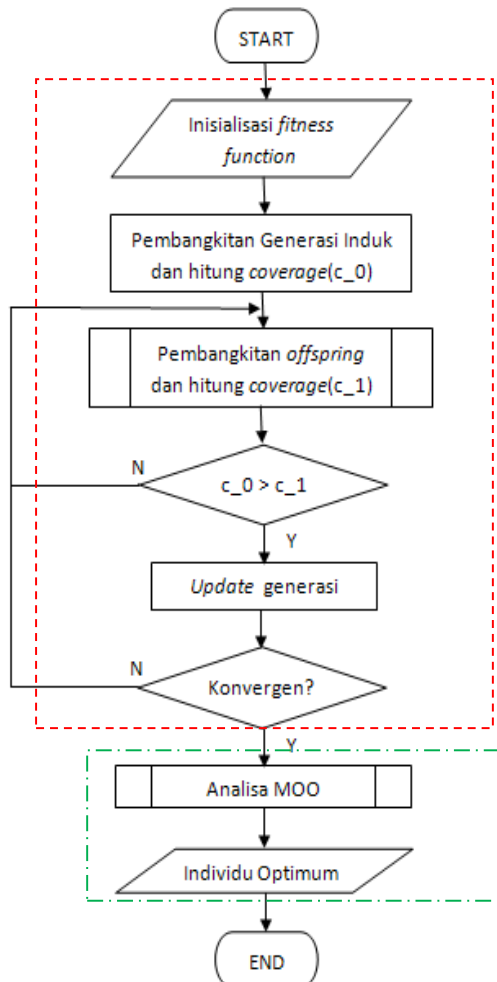
Dengan metode ini, dapat diatur komposisi dari kedua fungsi (*fitness function* dan *cost function*) menggunakan nilai variabel pembobot guna mencapai *multiple objectives optimization*, yaitu pembuatan jaringan WSN yang dapat meng-cover area seluas-luasnya dengan biaya seminimal mungkin.

3. Perancangan Sistem

Sistem dibuat dengan alur seperti blok diagram Gambar 2. Pada sistem, terjadi dua proses besar, yaitu proses pemilihan kombinasi jenis dan posisi sensor yang tepat dengan *genetic algorithm* dan pemilihan kombinasi terbaik berdasar biaya dan besar *coverage* dengan MOO.

Proses GA menggunakan fungsi *coverage* dan biaya sebagai *fitness function*, namun untuk

menentukan apakah *offspring* lebih baik daripada *parent* digunakan perbandingan nilai fungsi *coverage*. Proses pembangkitan *offspring* dimulai dengan proses mutasi hingga didapat jumlah proses *update* generasi minimal 3 kali baru dilakukan *cross over* kromosom posisi dari kedua pasangan individu. Hal ini dilakukan hingga terbangkit 20 generasi untuk mencapai kondisi konvergen yang diharapkan.



Gambar 3. Flowchart Sistem

Proses pemilihan Individu Optimum dengan MOO dimulai dengan mengambil nilai individu dari generasi tertentu yang sudah mengalami konvergen, hingga generasi ke-20. Dari berbagai Individu tersebut, dicari nilai *cost* sesuai persamaan (1) yang terbaik. Dengan mengkombinasikan nilai dari kedua fungsi yang diberi pembobot.

Setelah didapat Individu Optimum, maka Individu Optimum tersebut akan divisualisasikan sehingga dapat dibuktikan bahwa kombinasi jenis dan posisi dari Individu Optimum telah memenuhi MOO yang diharapkan. Sebagai variabel input jenis sensor Untuk mendapatkan nilai dari fungsi biaya, maka harga sensor diambil dari data Tabel 1[1].

Tabel 1. Daftar jenis sensor

Sensor Device Identification	Radius of coverage (m)	Sensor device cost (\$)
1	1	50
2	5	150
3	8	160
4	10	250
5	15	300
6	20	600
7	25	700
8	30	800
9	35	825
10	40	850
11	45	900
12	50	1000

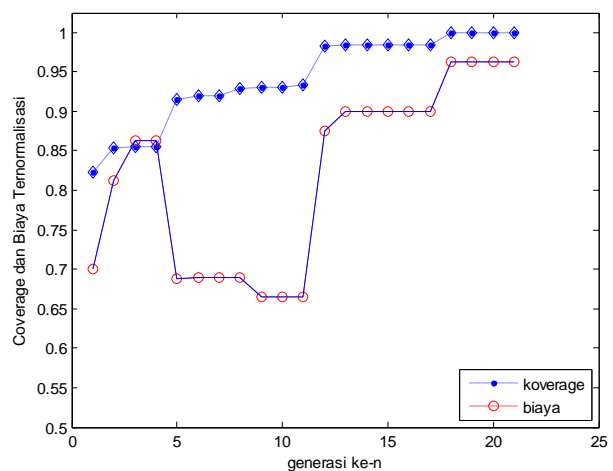
Formulasi permasalahan dari sistem ini meliputi:

- *Service area* sebesar 100 x 100 m.
- Jumlah sensor dibatasi 4 buah.
- Radius masing-masing sensor adalah *random* sesuai Tabel 1.
- Algoritma yang digunakan adalah *Genetic algorithm* dan *sum of weighted cost function*.

4. Hasil Pengujian dan Analisa

Dari program yang telah dibuat, data hasil *running* program sesuai Tabel 2 dan digrafikan menjadi Gambar 4 yang menunjukkan besarnya nilai fungsi biaya dan *coverage* sensor untuk 20 generasi dari Individu terbaik hasil seleksi keempat Individu. Pada data hasil *running* program yang dianalisa adalah Individu ke-4 karena memiliki nilai *coverage* paling tinggi di antara keempat individu terbangkit. Sehingga untuk proses analisa MOO selanjutnya akan menggunakan Individu ke-4 ini.

Hasil *running* program memperlihatkan kromosom-kromosom sensor, sehingga diketahui untuk individu ke-4 generasi ke-20 telah mencapai *coverage* 100%. Dengan komposisi posisi keempat sensor {(77, 94); (90, 35); (34, 33); (9, 98)} dengan tipe sensor {11, 11, 11, 9} sehingga harga ternormalisasinya 0.9625\$.



Gambar 4. Grafik fungsi biaya dan *coverage*

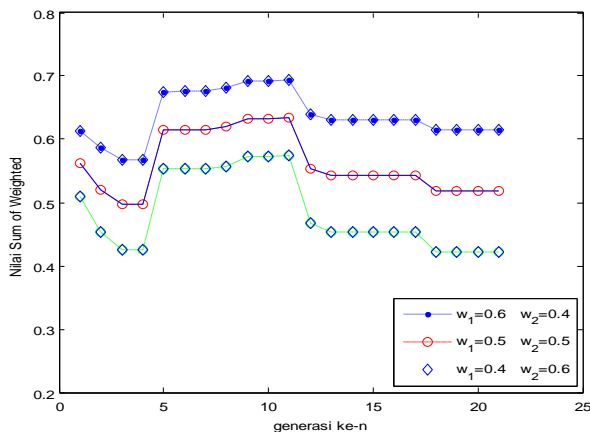
Tabel 2. Nilai *coverage* dan biaya Individu ke-4

Generasi ke-	Coverage ternormalisasi	Biaya ternormalisasi
0	0.823	0.7
1	0.8541	0.8125
2	0.8555	0.8625
3	0.8555	0.8625
4	0.9156	0.6875
5	0.9195	0.69
6	0.9195	0.69
7	0.929	0.69
8	0.9309	0.665
9	0.9309	0.665
10	0.9339	0.665
11	0.9822	0.875
12	0.985	0.9
13	0.985	0.9
14	0.985	0.9
15	0.985	0.9
16	0.985	0.9
17	0.9999	0.9625
18	0.9999	0.9625
19	1	0.9625
20	1	0.9625

Dari 21 generasi terbangkit pada Individu ke-4, dilakukan perhitungan dengan *sum of weighted cost function* dengan tiga kombinasi pembobot biaya dan *coverage*. sebesar 0.6 dan pembobot *coverage* sebesar 0.4. Untuk memudahkan perhitungan maka kedua fungsi harus dimaksimumkan, oleh karena itu nilai biaya harus mengambil dengan selisih nilai maksimumnya, yaitu 1. Atau secara matematis dapat ditulis menjadi persamaan (2).

$$y[n] = w_1(\text{coverage}[n]) + w_2(1 - \text{biaya}[n]) \quad (2)$$

Dari perhitungan nilai *sum of weighted* di Tabel 2 dengan persamaan (2), didapat grafik *sum of weighted cost function* sesuai Gambar 5. Dari grafik tersebut terlihat bahwa untuk kombinasi pembobot $w_1=0.6$ dan $w_2=0.4$ memiliki nilai $y[n]$ paling tinggi saat Individu ke-4 mencapai generasi ke-10.

**Gambar 4.** Grafik *sum of weighted cost function*

Sehingga nilai *cost sum of weighted cost function* pada generasi ke-10 adalah nilai yang paling maksimum-memenuhi MOO.

Untuk kombinasi sensor yang memenuhi MOO Individu ke-4 adalah generasi ke-10 dengan kombinasi posisi {(67, 94); (90, 43); (34, 49); (9, 98)} dan tipe sensor {2, 10, 11, 5} namun biaya totalnya hanya 0.665\$.

5. Kesimpulan

Dari hasil pemodelan dan simulasi yang telah dilakukan diperoleh seperti berikut:

- Proses pembangkitan *offspring* dengan *coverage* 100% dapat dicapai pada generasi ke-21.
- Untuk Individu Optimum dengan algoritma Genetika yang nilai *coverage*-nya 100% didapat pada generasi ke-21 dengan kombinasi posisi {(77, 94); (90, 35); (34, 33); (9, 98)} dan tipe sensor {11, 11, 11, 9} namun biaya total ternormalisasi mencapai 0.9125\$.
- Untuk Individu Optimum dengan algoritma *sum of weighted cost function* didapat pada generasi ke-10 dengan *coverage* 93,39% dengan kombinasi posisi {(67, 94); (90, 43); (34, 49); (9, 98)} dan tipe sensor {2, 10, 11, 5} namun biaya total ternormalisasi 0.665\$.

Referensi

- [1] J. Habib, Sami. “*Modelling And Simulating Coverage in Sensor Network*”, Elsevier, Computer Communications, 30, 1029–1035, 2007.
- [2] Boukerche Azzedine, Xin Fei, “*A coverage-preserving scheme for wireless sensor network with irregular sensing range*”, Elsevier, Computer Communications, 2010.
- [3] Kour Ahuja, Sandeep, Shrinivasa Kini, Srinivasan R amasubramanian, “*Bounds on coverage time and node density for multi-modality sensing*”.
- [4] C. Huang, Y. Tseng, “*The coverage problem in a wireless sensor network*”, Proceedings of the International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications, San Diego, CA, USA, 2003.
- [5] Eksin, Ceyhun, “*Genetic Algorithms for Multi-Objective Optimization in Dynamic Systems*”, Bogaziçi University, Bebek 34342, Istanbul, Turkey.
- [6] Jia Jie, Jian Chena, Guiran Changa, Yingyou Wena, Jingping Song, “*Multi-objective optimization for coverage control in wireless sensor network with adjustable sensing radius*”, Elsevier, Computers and Mathematics with Applications, 57, 1767-1775, 2009.
- [7] Haupt, Randy L, Sue E.”*Practical Genetic Algorithms, Second Edition*”, Pennsylvania, 2004.